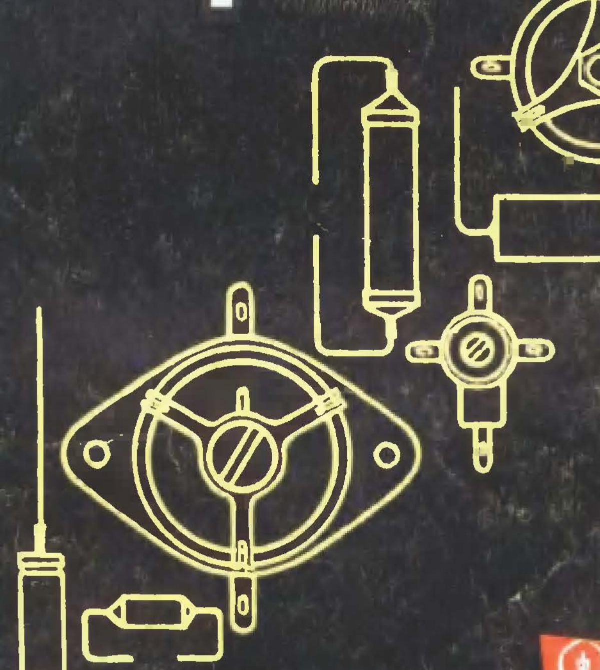
И.В. МИХАЙЛОВ
А.И. ПРОПОШИН

КОНДЕНСАТОРЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Справочная серия

Выпуск 573

И. В. МИХАЙЛОВ и А. И. ПРОПОШИН

КОНДЕНСАТОРЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.319.4(033)
П 68

Содержит справочные сведения о наиболее распространенных в радиолюбительской практике конденсаторах.

Предназначена для широкого круга радиолюбителей-конструкторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Михайлов Игорь Васильевич,

Пропошин Александр Ильич

Конденсаторы. М.—Л. издательство «Энергия», 1965.
32 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 573)

Сводный тематический план 1965 г. «Радиоэлектроника и связь», № 212

Редактор *Р. М. Малинин*
Техн. редактор *Г. С. Юдаева*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 9/XII 1964 г. Подписано к печати 13/II 1965 г.
Т-03092. Бумага 84×108¹/₃₂. Печ. л. 1,64 Уч.-изд. л. 2,12
Тираж 111 000 экз. Цена 08 коп. Зак. 2193.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по печати
Гор. Владимир, ул. Б. Ременники, д. 18-б

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНДЕНСАТОРОВ

Простейший конденсатор состоит из двух металлических пластин, называемых обкладками, между которыми находится непроводник электрического тока — изолятор (диэлектрик). Если одну обкладку конденсатора зарядить положительным электричеством, а другую отрицательным, то разноименные заряды, притягиваясь друг к другу, будут удерживаться на обкладках. Поэтому конденсатор способен служить накопителем электрической энергии.

Обкладки конденсатора обычно изготавливают из алюминия, латуни или меди. В качестве диэлектрика применяют парафин, слюду, бумагу, воздух, керамику и т. п. Емкость конденсатора зависит от площади его пластин, расстояния между ними и от примененного диэлектрика.

Применяемые в современных радиотехнических устройствах конденсаторы можно разделить на три группы:

1) постоянной емкости, у которых не предусмотрено изменение емкости в процессе их эксплуатации;

2) полупеременные (подстроечные), емкость которых может изменяться в небольших пределах (в 5—6 раз);

3) переменной емкости, у которых емкость может изменяться в широких пределах (до 50—60 раз).

Основные электрические параметры конденсаторов следующие: номинальная емкость и допускаемое отклонение от нее, номинальное напряжение, сопротивление изоляции и тангенс угла потерь. Конденсаторы, предназначаемые к применению в цепях высокой частоты, кроме того, характеризуются предельно допустимой реактивной мощностью, температурным коэффициентом емкости и собственной индуктивностью. От последнего параметра зависит максимальная частота, при которой может быть использован конденсатор.

Номинальная емкость и допускаемое отклонение. Емкость, маркированная на конденсаторе, указывает ее номинальную величину (табл. 1). Фактическая же емкость конденсатора может отличаться от номинальной, но не больше чем на величину допуска, который обычно указывается на конденсаторе после емкости.

Чаще всего допускаемое отклонение от номинала указано в процентах. На конденсаторах очень малых емкостей допускаемое отклонение от номинала указывают в пикофарадах. Так, если на конденсаторе указано «100 *пф* ± 10%», это означает, что номинальная емкость его равна 100 *пф*, а фактическая емкость не может быть меньше 90 и больше 110 *пф*. Если на корпусе не указан допуск, то такой конденсатор имеет допускаемое отклонение от номинала ±20%.

Необходимо иметь в виду, что при повышенной и пониженной температуре емкость конденсатора может отличаться от номинальной на величину, превышающую маркированный допуск.

На конденсаторах, изготовляемых только с одним, определенным допускаемым отклонением от номинала (например, электролитические конденсаторы КЭ, сегнетокерамические КДС), допуск не маркируется.

Практически не всегда возможно применить точно те емкости конденсаторов, которые получились по расчету или указаны на выбранной схеме. Во всех таких случаях можно допускать некоторые отклонения от этих величин, причем иногда без особого ущерба для качества работы выбранной схемы.

Так, например, для разделительных конденсаторов, применяемых в усилителях низкой частоты, отклонения от рекомендуемых номинальных величин могут составлять 20—30%; для конденсаторов, шунтирующих резисторы (сопротивления) в цепях катодов ламп усилителей высокой и промежуточной частоты, конденсаторов фильтров и блокировочных конденсаторов в анодных цепях и цепях экранирующих сеток емкости могут быть сколь угодно большими, а емкость конденсаторов, применяемых в корректирующих цепях, улучшающих частотную характеристику усилителей низкой частоты, не должна отличаться более, чем на ± 10% от расчетной.

Стандартизированные ГОСТ 2519-60 ряды номинальных емкостей конденсаторов постоянной емкости при различных допускаемых отклонениях от номиналов приведены в табл. 1. Ряд типов конденсаторов (КСО, СГМ, КБГ-И и др.), находившиеся в производстве до введения этого ГОСТ, выпускаются с номинальными емкостями в пикофарадах, соответствующими ряду «±5%» табл. 1 для всех допускаемых отклонений от номинала. Конденсаторы КБГ, КБ, МБГ и некоторые другие старых типов выпускаются с номинальными емкостями в микрофарадах согласно табл. 2.

Таблица 1

Номинальные емкости конденсаторов постоянной емкости при различных допускаемых отклонениях

Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %								
±20	±10	±5	±20	±10	±5; ±2	±20	±10	±5; ±2
Номинальная емкость, *пф*								
1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
—	—	1,1	—	—	11	—	—	110
—	1,2	1,2	—	12	12	—	120	120
—	—	1,3	—	—	13	—	—	130
1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
—	—	1,6	—	—	16	—	—	160
—	1,8	1,8	—	18	18	—	180	180

Продолжение табл. 1

Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %								
±20	±10	±5	±20	±10	±5; ±2	±20 и от +80 до −20	±10	±5; ±2
Номинальная емкость, *пф*								
—	—	2,0	—	—	20	—	—	200
2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
—	—	2,4	—	—	24	—	—	240
—	2,7	2,7	—	27	27	—	270	270
—	—	3,0	—	—	30	—	—	300
3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
—	—	3,6	—	—	36	—	—	360
—	3,9	3,9	—	39	39	—	390	390
—	—	4,3	—	—	43	—	—	430
4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
—	—	5,1	—	—	51	—	—	510
—	5,6	5,6	—	56	56	—	560	560
—	—	6,2	—	—	62	—	—	620
6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
—	—	7,5	—	—	75	—	—	750
—	8,2	8,2	—	82	82	—	820	820
—	—	9,1	—	—	91	—	—	910

Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %							
±20 и от +80 до −20	±10	±5; ±2	±20	±10 и ±5	±5	±10	±20
Номинальная емкость, *пф*			Номинальная емкость, *мкф*				
1 000	1 000	1 000	0,010	0,010	0,10	1,0	10
—	—	1 100	—	—	—	—	—
—	1 200	1 200	—	0,012	—	—	—
—	—	1 300	—	—	—	—	—
1 500	1 500	1 500	0,015	0,015	0,15	1,5	15
—	—	1 600	—	—	—	—	—
—	1 800	1 800	—	0,018	—	—	—
2 220	2 200	2 200	0,022	0,022	0,22	2,2	22
—	—	2 400	—	—	—	—	—
—	2 700	2 700	—	0,027	—	—	—
—	—	3 000	—	—	—	—	—
3 330	3 300	3 300	0,033	0,033	0,33	3,3	33
—	—	3 600	—	—	—	—	—
—	3 900	3 900	—	0,039	—	—	—
—	—	4 300	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1

Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %							
±20 и от +80 до −20	±10	±5 и ±2	±20	±10 и ±5	±5	±10	±20
Номинальная емкость, *пф*			Номинальная емкость, *мкф*				
4 700	4 700	4 700	0,047	0,047	0,47	4,7	47
—	—	5 100	—	—	—	—	—
—	5 600	5 600	—	0,056	—	—	—
—	—	6 200	—	—	—	—	—
6 800	6 800	6 800	0,068	0,068	0,68	6,8	68
—	—	7 500	—	—	—	—	—
—	8 200	8 200	—	0,082	—	—	—
—	—	9 100	—	—	—	—	100

Примечания: 1. Приведенные в таблице величины номинальных емкостей распространяются на все конденсаторы, кроме электролитических. Величины номинальных емкостей электролитических конденсаторов должны соответствовать 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1 000, 2 000, 5 000 *мкф*.

2. Приведенные выше величины не распространяются на конденсаторы специального назначения, как-то: для повышения коэффициента мощности, для полосовых фильтров телефонии и т. п.

Таблица 2

Номинальные емкости конденсаторов, разработанных до введения ГОСТ 2519-60 и не подвергшихся после введения этого стандарта модернизации

мкф				
0,01	0,1	1	10	100
0,012	0,12	1,2	12	120
0,015	0,15	1,5	15	150
0,018	0,18	1,8	18	180
0,02	0,2	2	20	200
0,025	0,25	2,5	25	250
0,03	0,3	3	30	300
0,04	0,4	4	40	400
0,05	0,5	5	50	500
0,06	0,6	6	60	600
0,07	0,7	7	70	700
0,08	0,8	8	80	800

Наибольшие и наименьшие номинальные емкости конденсаторов различных типов указаны в табл. 3.

Таблица 3

Основные характеристики конденсаторов постоянной емкости

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальные емкости	Группа ТКЕ	Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %
Слюдяные конденсаторы				
КСО-1	250	51—750 *пф*	Б; В; Г	±5; ±10; ±20
КСО-2	500	100—2 400 *пф*	Б; В; Г	±5; ±10; ±20
КСО-5	250	7 500—10 000 *пф*	Б; В; Г	±5; ±10; ±20
КСО-5	500	470—6 800 *пф*	Б; В; Г	±5; ±10; ±20
СГМ-1	250	100—560 *пф*	Б; Г	±5; ±10; ±20
СГМ-2	250	620—1 200 *пф*	Б; Г	±5; ±10; ±20
СГМ-3	500	100—4 300 *пф*	Б; Г	±5; ±10; ±20
СГМ-4	250 500	6 800—10 000 *пф* 4 700—6 200 *пф*	Б; Г	±5; ±10; ±20
Керамические конденсаторы				
КД-1	100; 250	1—130 *пф*	П120; П33 М47; М75 М700; М1300	±10; ±20
КД-1	160	680—2 200 *пф*	Н70	от +80 до —20
КД-2	400; 500	1—270 *пф*	П120; П33; М47; М75; М700; М1300	±2; ±5; ±10; ±20
КД-2	300	680—6 800 *пф*	Н70	от +80 до —20
КДС-1	250	1 000 *пф*	—	от +100 до —40
КДС-2	250	3 000 *пф*	—	от +100 до —40
КДС-3	250	6 800 *пф*	—	от +100 до —40
КОБ-1	12 000	500 *пф*	—	±20
КОБ-2	20 000	500 *пф*	—	±20
КОБ-3	30 000	2 500 *пф*	—	±20
КТ-1	160; 250	1—560 *пф*	П120; П33; М47; М75; М700; М1300	±10; ±20
КТ-1	160	680—10 000 *пф*	Н70	от +80 до —20
КТ-2	400; 500	2,2—2 200 *пф*	М120; П33; М47; М75; М700; М1300	±2; ±5; ±10; ±20
КТ-2	300	680—33 000 *пф*	Н70	от +80 до —20

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальные емкости	Группа ТКЕ	Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %
		Бумажные конденсаторы		
БМ	150	0,033; 0,47 *мкф*	—	±10; ±20
	200	3 300 *пф*—0,022 *мкф*		±10; ±20
	300	470—2 200 *пф*	—	±10; ±20
БМТ	400	470—6 800 *пф*; 0,01; 0,015; 0,022 *мкф*; 0,033; 0,047; 0,068 *мкф*; 0,1; 0,15; 0,22 *мкф*		±5; ±10; ±20
	600	1 000—6 800 *пф*; 0,01; 0,015; 0,022 *мкф*		±5; ±10; ±20
К40П-1	400	3 900 *пф*—0,25 *мкф*		±5; ±10; ±20
	600	470 *пф*—0,02 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
КБГ-И	200	1 000; 2 200; 3 300—4 700 *пф*; 0,02—0,1 *мкф*	—	±10; ±20
КБ	200	0,01—0,05 *мкф*	—	±10; ±20
	400	4 700 *пф*—0,3 *мкф*		
	600	4 700 *пф*—0,2 *мкф*		
КБГ-М	200	0,04—0,25 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
	400	0,07—0,25 *мкф*		
	600	0,01—0,15 *мкф*		
КБГ-МП	200	0,5—2,0 *мкф*; 2×0,25; 2×0,5 *мкф*; 3×0,1; 3×0,25 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
	600	0,25—1,0 *мкф*; 2×0,1; 2×0,25 *мкф*; 2×0,5; 3×0,05 *мкф*; 3×0,1; 3×0,25 *мкф*	—	
КБГ-МН	200	1—10; 2×1,0 *мкф*; 2×2,0 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
	400	1,0—8,0; 2×0,55 *мкф*; 2×1,0; 2×2,0 *мкф*		
	600	0,5—6,0; 2×0,5 *мкф*; 2×1,0; 2×2,0 *мкф*		

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальные емкости	Группа ТКЕ	Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %
		Металлобумажные конденсаторы		
МБМ	160	0,05—1,0 *мкф*	—	±10; ±20
	250	0,05—1,0 *мкф*		
	500	0,025—0,5 *мкф*		
МБГП	200	0,5—25,0 *мкф*; 2×0,25; 2×0,5 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
	400	0,25—10; 2×0,1 *мкф*		
	600	0,1—10 *мкф*		
МБГЦ	200	0,25; 0,5; 1,0 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
	400	0,1; 0,25; 0,5 *мкф*		
	600	0,025; 0,05; 0,1; 0,25 *мкф*		
МБГО	160	2—30 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
	300	1—30 *мкф*		
	400	1—20 *мкф*		
	500	0,5—20 *мкф*		
		Пленочные конденсаторы		
ПМ	60	100—9 100 *пф*; 0,01 *мкф*	—	±5; ±10; ±20
ПО	300	51—4 700 *пф*; 0,025; 0,03 *мкф*		±5; ±10; ±20
ПОВ	10 000	390 *пф*	—	±20
	15 000	390 *пф*		
ПСО	500	470—10000 *пф*	—	±5; ±10; ±20
		Электролитические конденсаторы		
КЭ-1	8—500	5—2 000 *мкф*	—	от +50 до—20
КЭ-2	8—500	5—2 000 *мкф*	—	от +50 до—20
КЭ-3	8—450	2—100 *мкф*	—	от +50 до—20
КЭ-2Н (односекционный)	200	150 *мкф*	—	от +50 до —20
	300	120 *мкф*		
	450	80 *мкф*		
КЭ-2Н (двухсекционный)	250	150+150 *мкф*	—	от +30 до —50
	300	40+40 *мкф*		
	350	150+30 *мкф*		

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальные емкости	Группа ТКЕ	Допускаемое отклонение от номинальной емкости, %
КЭГ-1	8—500	2—500 *мкф*	—	от+50; до—20
КЭГ-2	12—500	5—2 000 *мкф*	—	от+50; до—20
ЭГЦ	6—500	2—2 000 *мкф*	—	
ЭМ	4	20; 25; 50 *мкф*	—	от +100; до 0
	6	5; 10; 15; 20 *мкф* 40 *мкф*		
	10	3; 5; 10; 15; 30 *мкф*		
	15	2; 10; 25 *мкф*		
	20	3; 5; 15		
	30	1; 2; 5; 10 *мкф*		
	100	0,5; 1,0; 5 *мкф*		
	150	1,0 *мкф*		
ЭМИ	3	0,5 *мкф*	—	от+80; до—20
	3	1,25; 10,0 *мкф*	—	от+200; до—10
ЭТО-1	6; 15; 25	80; 50; 30 *мкф*	—	±10; ±20; ±30
	50; 70; 90	20; 15; 10 *мкф*		от+50; до—20
ЭТО-2	6; 15; 25;	1 000; 400; 300 *мкф*		
	50; 70; 90	200; 150; 100 *мкф*		
ЭФ	130	300+300; 1 500 *мкф*		
	200	300+300; 1 500 *мкф* 400; 800; 1 300 *мкф*		

Примечание. Промежуточные величины номинальных емкостей согласно табл. 1 или 2.
Температурные коэффициенты согласно табл. 4.

Номинальное напряжение конденсатора — наибольшее напряжение между его обкладками, при котором он способен надежно и длительно работать, сохраняя свои параметры при всех установленных для него рабочих температурах. Для большинства типов конденсаторов регламентируется номинальное напряжение постоянного тока. Допустимое напряжение переменного тока на конденсаторе, как правило, меньше номинального напряжения постоянного тока. При работе конденсатора в цепи пульсирующего тока сумма напряжения постоянного тока и амплитудного значения напряжения переменного тока не должна превышать номинального напряжения.

Испытательное напряжение — это напряжение, которое выдерживает конденсатор без пробоя в течение короткого промежутка времени (обычно несколько секунд). Испытательное напряжение превышает номинальное в 1,5—3 раза (кроме электролитических и некоторых типов металлобумажных конденсаторов).

Пробивное напряжение — это напряжение, при котором конденсатор пробивается. Оно всегда выше испытательного. Очевидно, что чем больше пробивное напряжение конденсатора, тем выше его надежность.

Последняя уменьшается с повышением температуры. Так, например, при превышении постоянного напряжения на 20—25% сверх номинального многие низковольтные бумажные конденсаторы КБГ выходят из строя после 500 *ч* работы, в то время как в нормальных условиях большинство конденсаторов может работать тысячи и десятки тысяч часов.

Сопротивление изоляции. Сопротивление изоляции конденсатора характеризует качество его диэлектрика, величину утечки тока через него и, следовательно, надежность работы конденсатора в схеме. Оно измеряется между выводами его обкладок при подаче на них напряжения постоянного тока 100 *в*.

У электролитических конденсаторов измеряют не сопротивление изоляции, а ток утечки при номинальном напряжении. Ток утечки обычно тем больше, чем больше емкость конденсатора. При повышении температуры и влажности окружающей среды ток утечки увеличивается.

Сопротивление изоляции и ток утечки конденсаторов одного типа и одинакового номинала могут отличаться от указанных в ГОСТ в сторону увеличения на один-два порядка. Это надо учитывать при последовательном соединении нескольких конденсаторов, если прикладываемое к ним напряжение превышает номинальное напряжение каждого из них. Дело в том, что прикладываемое напряжение распределяется между последовательно соединенными конденсаторами пропорционально сопротивлению изоляции каждого из них. Поэтому на конденсаторе, имеющем наиболее высокое сопротивление изоляции, может появиться напряжение, превышающее его номинальное, и он будет пробит, что приведет, в свою очередь, к пробою и остальных конденсаторов.

При необходимости последовательного включения нескольких конденсаторов они должны иметь по возможности одинаковые сопротивления изоляции. Электролитические конденсаторы подбирают по одинаковому току утечки. Однако с течением времени ток утечки у разных конденсаторов может измениться, что нарушит равномерность распределения напряжения на конденсаторах.

С целью выравнивания напряжения нужно каждый из последовательно соединенных конденсаторов шунтировать резистором (сопротивлением), сопротивление которого должно быть примерно в 10 раз меньше минимального сопротивления изоляции. Все шунтирующие резисторы должны иметь одинаковые сопротивления.

У конденсатора с металлическим корпусом (если его выводы не соединены с корпусом) измеряется еще сопротивление изоляции между выводами и корпусом. Это сопротивление считается практически достаточным, если его величина в нормальных условиях не менее 5 000 *Мом*.

Исправные керамические и слюдяные конденсаторы в нормальных условиях имеют сопротивление изоляции между обкладками порядка десятков и сотен тысяч мегом, а бумажные — порядка сотен и тысяч мегом.

При повышении температуры сопротивление изоляции уменьшается, а ток утечки увеличивается.

Конденсаторы с низким сопротивлением изоляции и с большими токами утечки устанавливать в аппаратуру не следует.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ). При изменении температуры окружающей среды емкость конденсатора изменяется. Изменение емкости может быть обратимым и необратимым. В первом случае емкость после установления первоначальной температуры возвращается к своей номинальной величине. Во втором — емкость не возвращается к своему исходному значению.

Параметр, характеризующий обратимое изменение емкости конденсатора при изменении температуры на 1° С, называется т е м п е р а т у р н ы м к о э ф ф и ц и е н т о м емкости (ТКЕ).

ТКЕ выражают в миллионных долях от емкости конденсатора при комнатной температуре на 1° С(10^{-6} на 1° С). Так, например, если температурный коэффициент слюдяного конденсатора равен $150 \cdot 10^{-6}$, то это значит, что при емкости 100 *пф* и изменении температуры от 20 до 40° С он изменит свою емкость на величину:

$$\Delta C = 100 \cdot 150 \cdot 10^{-6} \cdot (40-20) = 0{,}3 \text{ пф}.$$

Конденсаторы постоянной емкости в зависимости от температурной стабильности разделяются на группы, каждая из которых характеризуется своим ТКЕ. В табл. 4 приведены стандартизированные температурные коэффициенты конденсаторов с диэлектриком из слюды и высокочастотной керамики и указан способ маркировки таких конденсаторов.

Для конденсаторов других типов ТКЕ не регламентируется, но нормируются изменения емкости при крайних рабочих положительных и отрицательных температурах по сравнению с емкостью в нормальных условиях.

Конденсаторы с диэлектриком из низкочастотной керамики окрашиваются в оранжевый цвет, а предельно возможное изменение их емкости в заданном диапазоне температур обозначается цветной точкой согласно табл. 5.

Емкость бумажных конденсаторов в диапазоне температур от —60 до +70° С обычно изменяется не более чем на ±10% по сравнению с емкостью в нормальных условиях.

О влиянии отрицательной температуры на емкость электролитических конденсаторов см. стр. 23.

Предельная реактивная мощность. При работе слюдяных и керамических конденсаторов в цепях со значительными напряжениями ВЧ (например, в передатчиках) необходимо считаться с тем, что на них выделяется реактивная мощность.

Она прямо пропорциональна квадрату напряжения на конденсаторе, частоте сигнала и емкости. Поэтому при наличии на конденсаторах достаточно большого переменного напряжения высокой частоты необходимо принимать во внимание и реактивную мощность для избежания перегрева и выхода их из строя.

В приемно-усилительной аппаратуре конденсаторы обычно работают при небольших переменных напряжениях, поэтому здесь практически можно использовать конденсаторы с любой сколь угодно малой допустимой реактивной мощностью.

Таблица 4

Номинальные значения и условные обозначения групп по ТКЕ в интервале температур от +20 до +85° С

Номинальное значение ТКЕ на 1° С	Условное обозначение группы и ее маркировка на корпусе конденсатора		
	буквами и цифрами*	цветным кодом: Цвет покрытия корпуса конденсатора	цветным кодом: Цвет маркировочной точки
Конденсаторы с диэлектриком из слюды			
$\pm 1000 \cdot 10^{-6}$	А	—	—
$\pm 200 \cdot 10^{-6}$	Б	—	—
$\pm 100 \cdot 10^{-6}$	В	—	—
$\pm 50 \cdot 10^{-6}$	Г	—	—
Конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики			
$+120 \cdot 10^{-6}$	П120	Синий	—
$+33 \cdot 10^{-6}$	П33	Серый	—
$-33 \cdot 10^{-6}$	М33	Голубой	Коричневый
$-47 \cdot 10^{-6}$	М47	„	—
$-75 \cdot 10^{-6}$	М75	„	Красный
$-150 \cdot 10^{-6}$	М150	Красный	Оранжевый
$-220 \cdot 10^{-6}$	М220	„	Желтый
$-330 \cdot 10^{-6}$	М330	„	Зеленый
$-470 \cdot 10^{-6}$	М470	„	Синий
$-750 \cdot 10^{-6}$ ($-700 \cdot 10^{-6}$)	М750(М700)	„	—
$-1500 \cdot 10^{-6}$ ($-1300 \cdot 10^{-6}$)	М1500 (М1300)	Зеленый	—

* Для керамических конденсаторов буквы указывают знак ТКЕ: М — отрицательный, П — положительный.

Потери в конденсаторах. Во всяком включенном в цепь переменного тока конденсаторе имеются потери электрической энергии. Она обращается в тепловую энергию, конденсатор нагревается.

Таблица 5

Допускаемое изменение емкости конденсаторов с диэлектриком из низкочастотной керамики в интервале рабочих температур от —60 до +85° С относительно емкости в нормальных условиях

Допускаемое изменение емкости, %	Условное обозначение группы буквами и цифрами*	Цвет маркировочной точки на оранжевом корпусе конденсатора
±30	Н30	Зеленый
—50	Н50	Синий
—70	Н70	—
—90	Н90	Белый

* Буква Н означает «ненормированный ТКЕ».

В основном энергия теряется в диэлектрике. Потери эти характеризуют тангенсом угла δ, который является дополнением до 90° к углу сдвига фаз φ между действующим на конденсаторе переменным напряжением и проходящим через него переменным током, т. е. $\delta = 90° - \varphi$. Чем больше потери в конденсаторе, тем больше угол потерь δ, тем больше и tg δ.

Наименьшие потери имеют конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики; у этих конденсаторов на высокой частоте tg$\delta \leqslant 0{,}0012$—0,0025. Бумажные конденсаторы на частоте 1 *кгц* имеют tg$\delta \leqslant 0{,}01$, а электролитические на частоте 50 *гц* — 0,1—0,2.

Собственная индуктивность. Наличие индуктивности у конденсаторов ограничивает их применение в цепях переменного тока ВЧ, особенно в УКВ и КВ аппаратуре.

Индуктивность конденсатора зависит от размеров его обкладок и конструкции выводов. Для уменьшения индуктивности бумажных конденсаторов малой емкости (порядка нескольких сотен или тысяч пикофарад) выводы от обкладок образуются краями самих обкладок: одна фольговая лента выступает за края бумажных лент в одну сторону, а другая фольговая лента — в другую сторону. Все выступающие слои фольговых лент с каждой стороны спаивают вместе и припаивают к наружным выводам. При этом индуктивность конденсатора существенно уменьшается потому, что ток входит в каждый слой обкладки.

В конденсаторах большой емкости для уменьшения индуктивности иногда делают от каждой обкладки по 2—4 проволочных вывода и больше, соединяя их внешние концы параллельно. Эффективную индуктивность конденсатора большой емкости (бумажного, электролитического) можно уменьшить путем присоединения параллельно к нему конденсатора малой емкости (слюдяного, керамического).

В табл. 6 приведены собственные индуктивности L конденсаторов некоторых типов и указаны их максимальные частоты $f_{макс}$, выше которых применять их не рекомендуется.

Таблица 6

Индуктивности и максимальные рабочие частоты конденсаторов некоторых типов

Тип конденсаторов	$L \cdot 10^{-3}$, *мкгн*	$f_{макс}$, *Мгц*
КСО-1	2,4—6	150—250
КД-2 малого размера	1—1,5	2 000—3 000
КД-2 среднего размера	2—4	200—300
КТ-1 малого размера	3—10	150—200
КТ-3 среднего размера	20—30	50—70
КБГ-И малого размера	6—11	50—80
КБГ-М,КБ среднего размера	30—60	5—8
Переменной емкости воздушный	10—60	50—100

КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ

В зависимости от примененного диэлектрика конденсаторы называют: слюдяными, бумажными, керамическими и т. д.

СЛЮДЯНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Слюдяные конденсаторы (рис. 1, табл. 3) применяют как переходные, разделительные, блокировочные и в различных фильтрах.

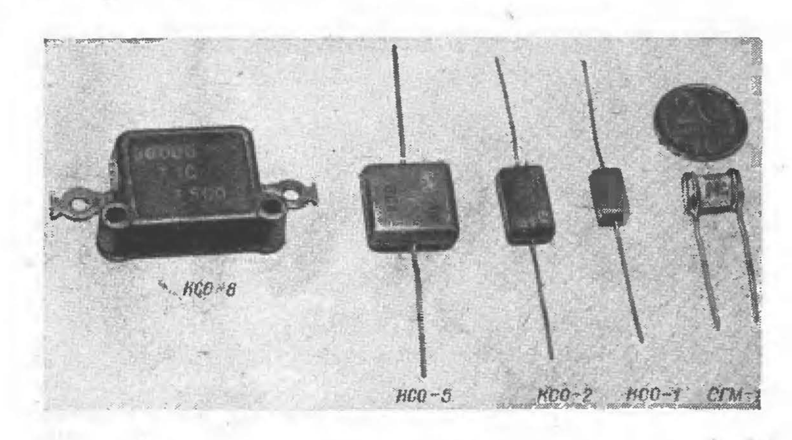


Рис. 1. Слюдяные конденсаторы.

Из их числа в радиолюбительской практике наиболее распространены конденсаторы КСО-1, КСО-2 и КСО-5. Они изготавливаются с обкладками из фольги или серебра, нанесенного непосредственно на поверхность слюды. Конденсаторы второй конструкции имеют на корпусах букву Б, В или Г (см. табл. 4). Большинство слюдяных конденсаторов обладают положительным ТКЕ.

Емкость конденсаторов КСО с фольговыми обкладками (они не имеют на корпусах буквенной маркировки) наименее стабильны как при изменениях температуры, так и во времени. Поэтому их можно применять только в простых приемниках.

Конденсаторы СГМ имеют серебряные, нанесенные на слюду обкладки и заключены в керамические корпуса. Во влажной атмосфере эти конденсаторы работают более надежно, чем конденсаторы КСО.

Не следует использовать слюдяные конденсаторы в коротковолновых контурах; в УКВ контурах их совсем не следует применять.

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Керамический конденсатор состоит из керамической пластинки или трубки с обкладками из тонкого слоя металла, обычно из серебра, нанесенного при высокой температуре методом вжигания.

Керамика, применяемая в конденсаторах этого типа, называется конденсаторной. Она разделяется на высокочастотную и низкочастотную. Высокочастотная конденсаторная керамика характеризуется низкими диэлектрическими потерями в полях высокой частоты $tg\delta \leqslant 0{,}0012$—$0{,}0025$ на частотах 0,5—1,5 *Мгц*, причем с повышением частоты эти потери уменьшаются, а емкость этих конденсаторов при изменении температуры изменяется почти по линейному закону. Благодаря таким высоким электрическим характеристикам конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики находят самое широкое применение в цепях с токами высокой частоты и в импульсных цепях в качестве контурных, разделительных и блокировочных.

Низкочастотная керамика обладает значительно большей диэлектрической проницаемостью, вследствие чего при тех же габаритах эти конденсаторы обладают значительно большей емкостью, чем конденсаторы из высокочастотной керамики. При этом конденсаторы из низкочастотной керамики имеют меньший объем, чем слюдяные и бумажные конденсаторы той же емкости и номинального рабочего напряжения.

Так, например, у конденсаторов из низкочастотной керамики на номинальное рабочее напряжение до 150 *в* удельная емкость достигает 0,2—0,3 *мкф/см³*. Однако конденсаторы с таким диэлектриком обладают большим тангенсом угла диэлектрических потерь ($tg\,\delta$ до 0,04 на частотах порядка 1 *кгц* и до 0,02—0,03 на высоких частотах).

В настоящее время при изготовлении конденсаторов широкого применения в качестве низкочастотной керамики применяется в основном сегнетокерамика (группы Н50 и Н70 согласно табл. 5). Емкость этих конденсаторов изменяется в больших пределах и нелинейно при изменениях температуры, а также зависит от величины приложенного напряжения. Поэтому такие конденсаторы применяют в цепях, где потери не имеют большого значения (например, в цепях автоматического смещения на управляющие сетки ламп) при относительно узком интервале рабочих температур, или когда изменение их емкости мало сказывается на работе аппаратуры. Из их числа наибольшее распространение в радиовещательной аппаратуре имеют конденсаторы КДС.

В дальнейшем конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики будем называть керамическими конденсаторами, а

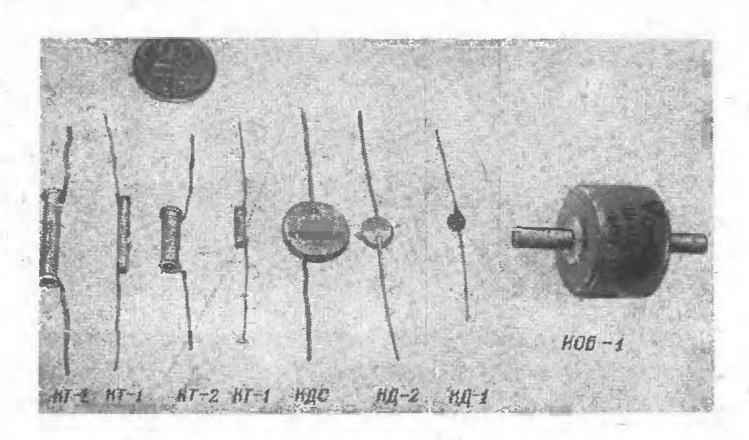


Рис. 2. Керамические низковольтные конденсаторы.

конденсаторы из низкочастотной керамики — сегнетокерамическими.

Наибольшее распространение имеют дисковые и трубчатые керамические конденсаторы (рис. 2).

Дисковые конденсаторы КД[1] имеют диаметр 4—16 *мм*, а вес 0,3—2 *г*. На рис. 2 показаны дисковые конденсаторы конструктивного варианта «*а*». Выпускаются также конденсаторы конструктивного варианта «*б*», отличающегося тем, что проволочные выводы направлены в одну сторону.

Дисковые конденсаторы КД-1 находят широкое применение в радиоаппаратуре на транзисторах, где большое значение имеют размеры.

Конденсаторы КОБ — керамические опрессованные предназначены для работы в цепях питания высоким напряжением кинескопов в качестве фильтровых. Конденсаторы этого типа выпускаются следующего вида: КОБ-1, КОБ-2 и КОБ-3. Выводы конденсаторов допускают припайку к ним провода диаметром до 2 *мм* на расстоянии не менее 7 *мм* от корпуса конденсатора.

---

[1] Конденсаторы КД соответствуют следующим типам конденсаторов, выпускаемых ранее (до 1961 г.): КД-1 — КДМ (керамический дисковый малогабаритный); КД-2—КДК (конденсатор дисковый керамический).

Трубчатые конденсаторы КТ-1 широко применяются в радиоаппаратуре, собранной на транзисторах благодаря своим малым размерам[1]. Длина их корпуса 10—20 *мм*, вес не превышает 1,5 *г*. Выводы КТ-1 допускают припайку их на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса.

Конденсаторы КТ-2 имеют длину корпуса 12—50 *мм*, вес их не превышает 3 *г*.

Керамические конденсаторы КТ и КД окрашены в разные цвета и имеют маркировочные точки согласно табл. 3 и 4. Конденсаторы серого и голубого цвета (группы П33 и М47) называются термостабильными, так как их емкость мало изменяется при колебаниях температуры. Конденсаторы, окрашенные в красный и зеленый цвета, при повышении температуры уменьшают свою емкость; у них ТКЕ отрицательный и называются они **термокомпенсирующими.**

Последние следует применять в колебательных контурах, так как уменьшение их емкости при повышении температуры приводит к увеличению собственной частоты контура, а нагрев других деталей контура способствует уменьшению его частоты. В результате этого изменение собственной частоты контура при повышении температуры будет незначительным.

Заметим, что конденсаторы КТ, КД могут быть покрыты эмалью любого цвета с маркировкой групп ТКЕ буквами и цифрами согласно табл. 4 и 5, либо двумя рядом расположенными точками или полосками соответствующих группе цветов. При этом цвет первого знака (точки или полоски) соответствует цвету покрытия конденсаторов, а второго — цвету маркировочной точки. Площадь первого знака в 2 раза больше площади второго.

Сопротивление изоляции керамических конденсаторов не менее 10 000 *Мом*.

БУМАЖНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Диэлектриком у них служит бумага, пропитанная воскообразными изолирующими веществами или вазелином, а обкладками — полосы из металлической фольги. Бумажные конденсаторы широко применяются в цепях постоянного, пульсирующего и переменного напряжения низкой частоты. Так, например, в качестве конденсаторов, шунтирующих первичную обмотку трансформатора питания, могут быть применены бумажные конденсаторы на рабочее напряжение не менее 400 *в* при напряжении сети 127 *в* и не менее 600 *в* при напряжении сети 220 *в*. Конденсаторы небольшой емкости (до 0,1 *мкф*) иногда применяют в высокочастотных каскадах, в блокировочных и развязывающих цепях.

Из большого числа различных видов бумажных конденсаторов широкое применение находят следующие (рис. 3): БМ и БМТ — бумажный малогабаритный в цилиндрическом металлическом корпусе. К4ОП-1 — бумажный в пластмассовом корпусе с проволочными торцовыми выводами. КБ — конденсатор бумажный в цилиндрическом корпусе из пропитанной бумаги. КБГ-И — конденсатор бумажный герметизированный в цилиндрическом керамическом корпусе. КБГ-М — конденсатор бумажный герметизированный в металлическом цилиндрическом корпусе. Он имеет разновидности КБГ-М1 и М2 (конденсатор КБГ-М2 в качестве переходного применять не следует, так как у него одна из обкладок соединена с корпусом).

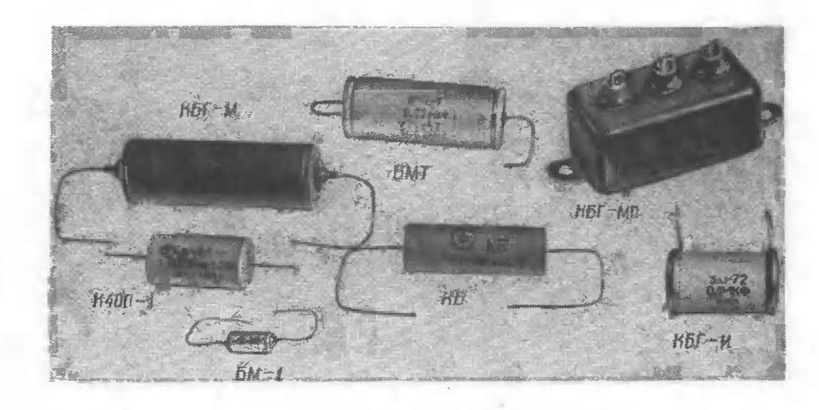


Рис. 3. Бумажные конденсаторы.

КБГ-МП — конденсатор бумажный герметизированный в металлическом прямоугольном корпусе плоский со стеклянными или керамическими изоляторами. Изготавливаются с двумя и тремя выводами. В зависимости от расположения выводов конденсаторы КБГ-МП разделяются на три варианта: В — с выводами сверху, Б — сбоку, Н — снизу. КБГ-МН — конденсатор бумажный герметический в металлическом прямоугольном корпусе нормальный со стеклянными или керамическими изоляторами.

Выводы вышеупомянутых конденсаторов допускают припайку к ним провода диаметром 1 *мм* на расстоянии не менее 5 *мм* от места выхода вывода из изолятора или корпуса.

Конденсаторы КБГ-М1 и КБГ-М2 крепить за контактные выводы не допускается.

Конденсаторы БМ-1. КБГ-М КБГ-МН, КБГ-МП применять в цепях с очень низкими напряжениями не следует. В таких цепях нужно применять только конденсаторы, в которых выводы припаяны или приварены к обкладкам (например, БМ-2).

МЕТАЛЛОБУМАЖНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Одной из причин нарушения нормальной работы или полного прекращения работы радиотехнических устройств бывает пробой конденсаторов. Для восстановления работы устройства неисправный

---

[1] Конденсаторы КТ соответствуют следующим типам конденсаторов, выпускаемых ранее: КТ-1 — КТМ (керамический трубчатый малогабаритный); КТ-2—КТК (конденсатор трубчатый керамический).

конденсатор заменяют новым, так как исправить пробитый конденсатор невозможно.

От этого недостатка свободны металлобумажные конденсаторы. Диэлектриком у них служит лакированная конденсаторная бумага; обкладками — слой металла толщиной порядка долей микрона.

Если происходит пробой между обкладками конденсатора, тонкий металлический слой вокруг места пробоя расплавляется и цепь размыкается, т. е. происходит самовосстановление конденсатора.

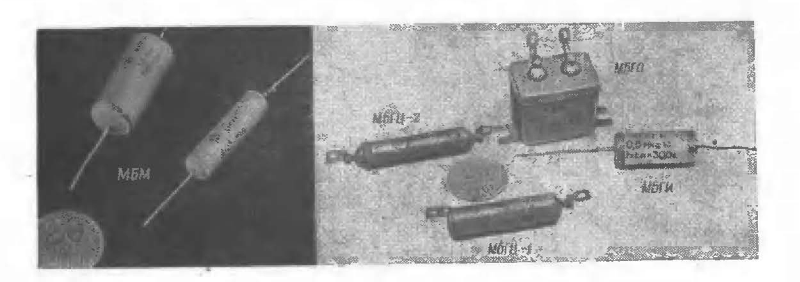


Рис. 4. Металлобумажные конденсаторы.

Заметим, однако, что в низковольтных цепях с высоким полным сопротивлением тепло, развиваемое дугой при пробое, может оказаться недостаточным, чтобы произошло самовосстановление.

Металлобумажные конденсаторы обладают по сравнению с бумажными малыми размерами, а по сравнению с электролитическими меньшей утечкой, большим сроком службы и лучшей холодоустойчивостью. Поэтому эти конденсаторы широко применяются, особенно тогда, когда требуется повышенная надежность работы аппаратуры и уменьшение ее габаритов. Конденсаторы с большими емкостями (2—30 *мкф*) применяются в сглаживающих фильтрах выпрямителей, в развязывающих фильтрах анодных цепей, а также в цепях экранирующих сеток ламп.

Недостаток металлобумажных конденсаторов состоит в том, что сопротивление изоляции у них ниже, чем у бумажных, оно уменьшается также при длительном хранении в бездействующем состоянии и с увеличением числа самовосстанавливающихся пробоев. Наиболее часто и резко снижается сопротивление изоляции у конденсаторов с однослойным диэлектриком (например, МБГО). Металлобумажные конденсаторы с однослойным диэлектриком (МБМ, МБГП, МБГЦ с номинальным напряжением до 250 *в* и МБГО всех напряжений) нежелательно применять в цепях с напряжением, значительно меньшим номинального (порядка нескольких вольт или долей вольта).

На рис. 4 в в табл. 3 показаны внешний вид и данные металлобумажных конденсаторов.

МБМ — металлобумажный, малогабаритный. Конденсаторы этого типа находят применение в схемах, собранных на транзисторах.

МБГЦ — металлобумажный, герметизированный в цилиндрическом корпусе.

МБГП — металлобумажный, герметизированный в прямоугольном корпусе.

МБГО — металлобумажный, герметизированный с однослойным диэлектриком

ПЛЕНОЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

В пленочных конденсаторах в качестве диэлектрика применяется органическая высокомолекулярная пленка из полистирола (стирофлекса). Она обладает высокой механической прочностью и в достаточной мере химически устойчива.

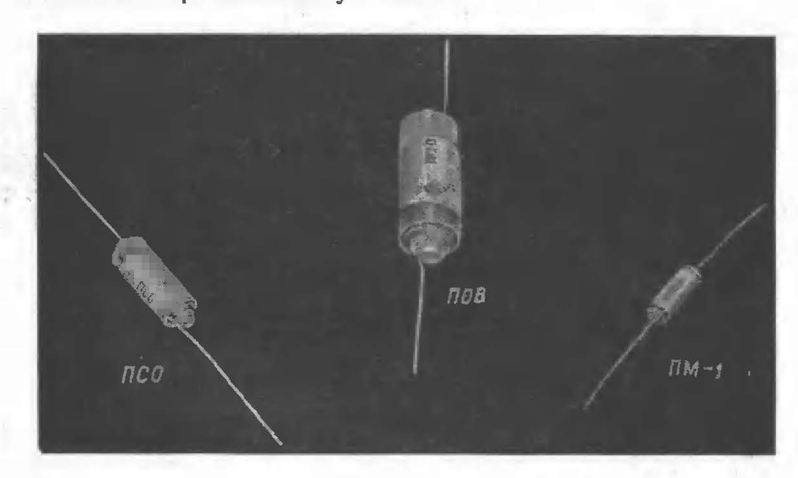


Рис. 5. Пленочные конденсаторы.

По своей конструкции низковольтные пленочные конденсаторы не отличаются от аналогичных бумажных. Эти конденсаторы применяются как в низкочастотных, так и в высокочастотных цепях, в качестве конденсаторов связи, блокировочных и разделительных.

К пленочным относятся также и фторопластовые конденсаторы, применяемые только в специальной аппаратуре. У них диэлектриком служит пленка из фторопласта. Эти конденсаторы обладают высокой тепловой и химической устойчивостью.

Пленочные конденсаторы выпускаются следующих типов (рис. 5 и табл. 3): ПМ — полистирольный малогабаритный. Предназначен для применения в аппаратуре, собранной на транзисторах. Выпускается двух видов: ПМ-1 — открытые и ПМ-2 — в герметизированных корпусах.

Конденсатор ПМ-1 состоит из двух полосок алюминиевой фольги, которые служат обкладками, разделенных слоем полистирольной пленки толщиной 20 *мк*. Обкладки вместе с диэлектриком свернуты

в рулон. Выводы от обкладок сделаны в виде тонких проволочек, заложенных между обкладками и диэлектриком. Концы проволочек, контактирующие с обкладками, сплющены. Этим достигается лучший контакт выводов с обкладками и устраняется возможность повреждения диэлектрика выводами.

Конденсаторы ПМ-1 могут работать продолжительное время при влажности, не превышающей 80%. Диаметр их не более 4, длина не более 11 *мм*.

Конденсаторы ПМ-2 изготавливают аналогичным способом, но их заключают в алюминиевую трубку. Его внешний вид такой же, как у конденсаторов БМ, МБМ. Благодаря герметичности конденсаторы ПМ-2 могут работать длительное время в атмосфере с относительной влажностью до 98%. Диаметр корпуса не более 5, а длина не более 12,5 *мм*. Сопротивление изоляции у них не менее 50 000 *Мом*.

ПО — пленочный открытый. Эти конденсаторы по своей конструкции аналогичны конденсатору ПМ-1. Диаметр корпуса этих конденсаторов в зависимости от емкости равен 12—24 *мм* при длине 31—49 *мм*.

ПОВ — пленочный открытый высоковольтный. Эти конденсаторы находят применение в высоковольтных цепях питания кинескопов.

ПСО — пленочные стирофлексные открытые.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

В отличие от конденсаторов всех других описанных типов они могут работать только в цепях, где имеется постоянная составляющая напряжения, и только при определенной полярности включения.

В наиболее распространенных электролитических конденсаторах диэлектриком служит тонкий слой окиси, отложенный электролитическим способом на поверхность ленты из алюминиевой фольги. Эта лента служит одной из обкладок конденсатора, на которую должен включаться положительный полюс напряжения. Поэтому ее называют анодом.

В электролитических конденсаторах, так называемого, сухого типа другой обкладкой — катодом — служит специальная прокладочная бумага, пропитанная пастообразным электролитом. Выводом катода служит вторая алюминиевая неоксидированная лента. Особенности электролитических конденсаторов: небольшая разница между рабочим и пробивным напряжением, большая зависимость емкости от температуры (при понижении температуры емкость уменьшается) и от частоты переменной составляющей приложенного напряжения (емкость уменьшается на 25% при частоте 10 *кгц*), большой ток утечки и относительно короткий срок службы.

Применяются они в сглаживающих фильтрах выпрямительных устройств, в цепях развязок и блокировок. Номинальное напряжение электролитических конденсаторов в фильтре выпрямителя должны быть на 20—25% выше напряжения, даваемого выпрямителем. Номинальное напряжение конденсатора, шунтирующего резистор (сопротивление) автоматического смещения, не должно быть ниже напряжения смещения.

Практически электролитический конденсатор, шунтирующий резистор автоматического смещения оконечного каскада, собранного на лампах 6П6С или 6П1П, должен иметь рабочее напряжение не менее 20 *в*, а в случае использования ламп 6П3С, 6П14П или 6П9 — не менее 30 *в*. Резисторы автоматического смещения каскадов предварительного усиления НЧ можно шунтировать конденсаторами КЭ, КЭГ и ЭМ на рабочие напряжения 4—8 *в*.

Электролитические алюминиевые конденсаторы разделяются на неморозоустойчивые (Н), морозоустойчивые (М), повышенной морозоустойчивости (ПМ) и особо морозоустойчивые (ОМ). Так, например, ЭМ-М — морозоустойчивый, а КЭ-1-ОМ — особо морозоустойчивый. Электролитические конденсаторы групп ПМ и ОМ обладают бóльшими габаритами, чем конденсаторы групп Н и М, при тех же номинальных емкостях и напряжениях. Критерием «морозоустойчивости» электролитических алюминиевых конденсаторов является снижение их емкости не более чем в 2 раза. У конденсаторов группы Н такое снижение емкости бывает при температуре —10° С, группы М — при —40° С, группы ПМ — при —50° С и группы ОМ — при —60° С. Отметим, что при повышенной температуре содержащиеся в составе электролита конденсаторов групп ПМ и ОМ летучие вещества довольно быстро испаряются, а это ведет к снижению их емкости. Вследствие этого срок службы конденсаторов групп ПМ и ОМ в приемниках, работающих в комнатных условиях, меньше, чем у конденсаторов групп Н и М.

Поэтому в радиолюбительской практике находят применение конденсаторы групп Н и М.

Наиболее распространены в радиолюбительской практике конденсаторы КЭ (рис 6) Они имеют конструктивные разновидности: КЭ-1а, КЭ-1б и КЭ-2. Все они выполнены в алюминиевых штампованных цилиндрических корпусах. Корпуса конденсаторов представляют собой стаканы, с которыми электрически соединены катоды. Выводы анодов у конденсаторов КЭ-1 представляют собой контактные лепестки, расположенные на текстолитовой или гетинаксовой крышке корпуса.

К донышку стакана конденсатора КЭ-1б приварен алюминиевый фланец с отверстиями, служащими для крепления стакана в аппаратуре винтами с гайками.

Конденсатор КЭ-1а приспособлений для крепления не имеет и крепится в аппаратуре при помощи хомута, охватывающего его корпус.

Конденсатор КЭ-2 вместо текстолитового диска имеет пластмассовую втулку с резьбой. Для крепления КЭ-2 в шасси радиоаппаратуры прорезают отверстие по внешнему диаметру резьбы на втулке; втулку вставляют в это отверстие и на резьбу навинчивают гайку. Конденсаторы КЭ-2Н изготавливаются как одно- так и двухсекционные (два конденсатора в общем корпусе).

Конденсатор КЭГ заключен в корпусе из листовой стали. Анод (+) его выведен к контактному лепестку, расположенному на стеклянном изоляторе, а катод (—) соединен с корпусом и выведен на лепесток.

У конденсатора КЭГ-1 изолятор и лепесток могут быть расположены на верхней крышке корпуса (вариант В), на его боковой стенке (вариант Б) или на дне корпуса (вариант Н).

У конденсатора КЭГ-2 изолятор и лепестки всегда расположены на верхней крышке.

Конденсатор ЭГЦ по конструкции подобен конденсатору КЭ-1а, но крышка его корпуса сделана из алюминия. В центре крышки расположен стекляный изолятор с контактным лепестком, к которому присоединен вывод анода (+). На корпусе конденсатора имеется второй контактный лепесток — вывод катода.

Выводы конденсаторов КЭ-1, КЭ-2, КЭГ-1, КЭГ-2 и ЭГЦ допускают припайку к ним проводов диаметром до 1 *мм*.

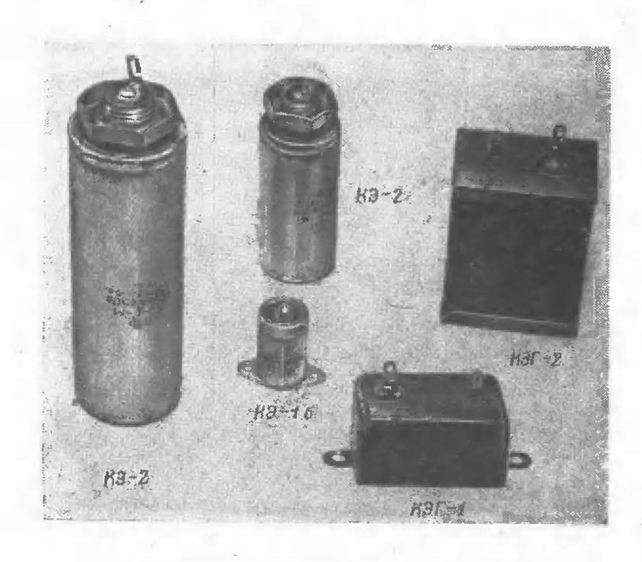


Рис. 6. Электролитические конденсаторы.

В транзисторных устройствах используются электролитические конденсаторы, обладающие малыми размерами и большой удельной емкостью. К таким электролитическим конденсаторам относятся конденсаторы ЭМ, ЭМИ, ЭТ и ЭТО.

Конденсаторы ЭМ (рис. 7) представляют собой алюминиевые гильзы диаметром от 4,3 до 8,5 и длиной от 15 до 35 *мм*. Их вес от 2 до 4,5 *г*. Анодная алюминиевая фольга приварена к алюминиевому стержню, расположенному по оси корпуса. Конец стержня выведен из корпуса наружу. Его продолжением является медный луженый вывод, служащий для включения анода конденсатора в схему. Анодный вывод изолирован от корпуса резиновой втулкой Катод конденсатора соединен с корпусом. Второй проволочный вывод служит для включения корпуса конденсатора в схему.

Удельная емкость конденсаторов ЭМ на низкие рабочие напряжения достигает 100 *мкф/см*^{3}.

Номинальное напряжение переходного электролитического конденсатора, соединяющего коллектор транзистора с эмиттером или базой транзистора следующего каскада, а также конденсатора, соединяющего коллектор с корпусом приемника, в каскаде с общим коллектором должно быть не ниже напряжения источника питания.

Конденсаторы ЭМИ по своей конструкции подобны конденсаторам ЭМ. Однако их особенность заключается в малых размерах, так, конденсаторы емкостью 0,5 и 1,25 *мкф* имеют длину 12 *мм*, емкостью 10 *мкф* — длину 10 *мм* при диаметре 3 *мм*.

Рис. 7. Малогабаритные электролитические конденсаторы.

Конденсаторы типа ЭФ предназначены для работы в цепях питания импульсных ламп фотоосветителей. Конструкция их аналогична конденсаторам КЭ-1; изготавливаются с изолированными положительными (знак «+») и отрицательными (знак «—») выводами. Конденсаторы на номинальные напряжения 130 и 200 *в* изготавливают как односекционными, так и двухсекционными, каждая из которых имеет емкость 300 *мкф* ±50%.

Конденсаторы с объемно-пористыми анодами ЭТО резко отличаются по своему устройству от всех описанных выше типов электролитических конденсаторов. В этих конденсаторах применяются аноды в виде таблеток, спрессованных из танталового порошка и спеченных в нейтральной среде при высокой температуре. Полученный таким способом пористый анод имеет эффективную поверхность в 50—100 раз большую, чем геометрическая, что позволяет достигнуть особо больших емкостей в единице объема конденсатора. Корпус его заполняется жидким кислотным электролитом, который и служит его катодом, а выводом катода служит корпус.

По своим электрическим свойствам конденсаторы этого типа лучше обычных малогабаритных электролитических конденсаторов. Кроме весьма малых размеров, конденсаторы ЭТО имеют ничтожные токи утечки, которые даже у конденсаторов на большие номинальные напряжения не превышают 5 *мка*, а при меньшем напряжении ток утечки составляет 1—2 *мка* или меньше.

Выводы конденсаторов ЭМ, ЭМИ и ЭТО допускают припайку к ним провода диаметром до 0,8 *мм* на расстоянии не менее 5 *мм* от его основания.

При применении электролитических конденсаторов необходимо помнить, что наибольшая амплитуда переменной составляющей частоты 50 *гц* не должна превышать 5—25% (для групп морозостойкости М и Н) по отношению к их номинальному напряжению. Чем больше емкость и номинальное напряжение, тем меньше допустимая амплитуда.

При этом значение переменной составляющей не должно превышать величины постоянной составляющей напряжения, а их сумма— величины номинального напряжения.

При более высоких частотах амплитуда переменной составляющей должна уменьшаться обратно пропорционально частоте. Так, при частоте 100 *гц* допустимая амплитуда вдвое меньше, чем при частоте 50 *гц*.

ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ В СПЕЦИФИКАЦИЯХ К СХЕМАМ

В спецификациях к схемам радиотехнической аппаратуры данные применяемых конденсаторов постоянной емкости указываются сокращенными записями в следующем порядке:

1) тип конденсатора;
2) вид (разновидность) конденсатора;
3) номинальное напряжение в вольтах или киловольтах;
4) буквенное обозначение группы ТКЕ (для керамических и слюдяных конденсаторов);
5) номинальная емкость в пикофарадах или микрофарадах;
6) допускаемое отклонение от номинальной емкости.

Между всеми этими величинами и обозначениями ставятся черточки. Если конденсаторы данного типа не имеют разновидности или выпускаются только на одно номинальное напряжение или с одним допускаемым отклонением, то соответствующие цифры или буквы в обозначение не включаются.

В обозначение бумажного конденсатора после указания его типа или вида добавляется цифра, соответствующая числу изолированных от корпуса выводов, и буква, указывающая на их местоположение на корпусе: (В — сверху, Н — снизу, Б — сбоку).

В обозначение электролитического конденсатора добавляется буквенное обозначение группы его морозоустойчивости (Н, М, ПМ, ОМ).

В некоторых случаях возможно отклонение от общепринятых обозначений. Так, например, в обозначении электролитических конденсаторов ЭГЦ номинальное напряжение и емкость указывают не в строку, а в виде дробного числа.

Примеры:

а) Конденсатор бумажный герметизированный типа КБГ в корпусе из изоляционного материала (вид И) на номинальное напряжение 200 *в* с номинальной емкостью 0,1 *мкф*, допустимым отклонением емкости ±20% обозначается так:

КБГ-И-200-0,1±20%

б) Конденсатор слюдяной опрессованный типа КСО вида 2 на номинальное напряжение 500 *в*, с ТКЕ группы В, номинальной емкостью 100 *пф* и допустимым отклонением от номинала ±10% обозначается

КСО-2-500-В-100±10%.

Для указания на схемах емкостей конденсаторов приняты следующие сокращения.

Емкость конденсаторов от 1 до 9 999 *пф* указывают целым числом пикофарад без указания единицы измерения. Например, емкость в 510 *пф* обозначают только числом 510. Емкость от 0,01 *мкф* (10 000 *пф*) и более выражают в микрофарадах десятичной дробью без указания единицы измерения. Например, емкость 0,02 *мкф* обозначают числом 0,02, а емкость в 2 *мкф* — числом 2,0.

КОНДЕНСАТОРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ

Конденсаторы переменной емкости применяют в радиопередающей, радиоприемной и измерительной аппаратуре для плавной настройки резонансных контуров в заданном диапазоне частот.

Их классифицируют по виду диэлектрика, по конструктивным особенностям, по характеру изменения емкости при изменении угла поворота ротора и по применению в радиоустройствах.

Наибольшее распространение получили конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком. Они представляют собой две системы параллельных пластин, из которых одна система (ротор) может перемещаться так, что ее пластины заходят в зазоры между пластинами второй системы (статора). Меняя взаимное положение статора и ротора, изменяют емкость конденсаторов.

Наиболее распространены конденсаторы переменной емкости с углом поворота в 180°.

Пластины ротора и статора конденсаторов переменной емкости каждого вида имеют определенную форму, позволяющую изменять емкость на один градус угла поворота ротора по желаемому закону.

По характеру изменения емкости от угла поворота подвижных пластин различают следующие виды конденсаторов:

1) прямоемкостный — с линейной зависимостью между углом поворота ротора и емкостью;
2) прямоволновый — с линейной зависимостью между углом поворота ротора и резонансной длиной волны; его емкость пропорциональна квадрату угла поворота ротора;

3) прямочастотный — с линейной зависимостью между углом поворота ротора и резонансной частотой;

4) логарифмический (среднелинейный) — с постоянным по всей шкале изменением емкости, приходящимся на один градус угла поворота ротора. На рис. 8, *а* — *г* показаны характеристики изменения

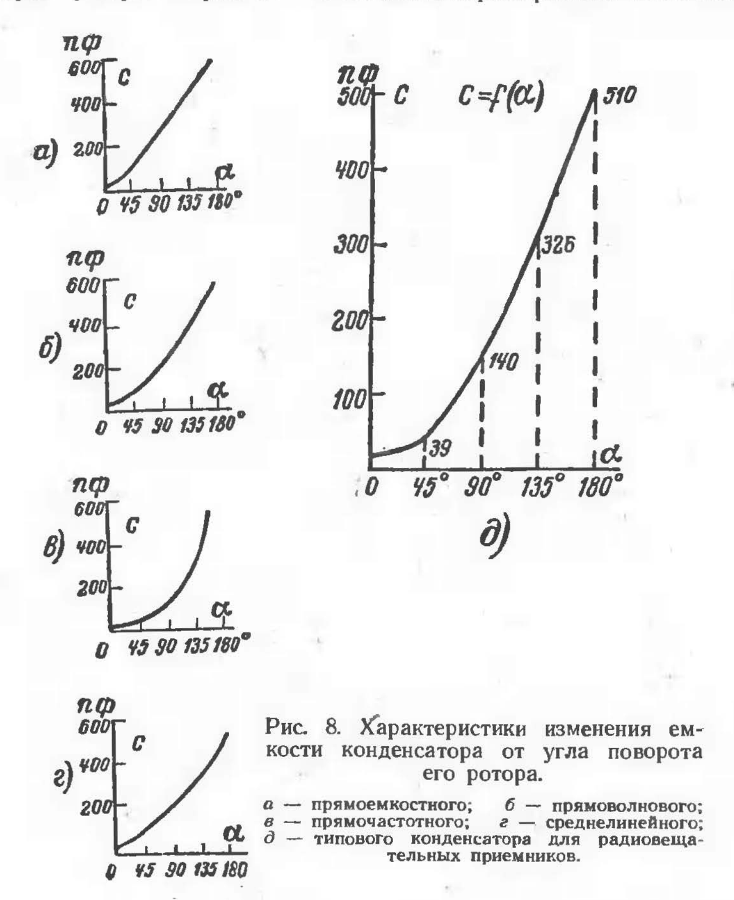


Рис. 8. Характеристики изменения емкости конденсатора от угла поворота его ротора.

а — прямоемкостного; *б* — прямоволнового; *в* — прямочастотного; *г* — среднелинейного; *д* — типового конденсатора для радиовещательных приемников.

емкости для различных видов конденсаторов от угла поворота его ротора.

Прямоемкостные конденсаторы применяются, главным образом, в качестве подстроечных, а также для настройки при малом коэффициенте перекрытия диапазона.

Прямоволновые конденсаторы применяются в аппаратуре, градуируемой по длине волны, так как в этом случае длины волн равномерио распределяются по всей шкале.

Прямочастотные конденсаторы применяют в аппаратуре, в которой надо иметь равномерную по частоте шкалу настройки, например, в приемниках и измерительных приборах.

Логарифмические (средиелинейные) конденсаторы применяют в передатчиках, приемниках и измерительных приборах.

Конденсаторы, применяемые в радиоприемной и радиоизмерительной аппаратуре, имеют тонкие пластины ротора и статора и малый воздушный зазор между ними. Эти конденсаторы работают в колебательных коитурах при низких напряжениях и нмеют пробивное напряжение порядка 500 *в*.

В приемниках конденсаторы переменной емкости применяются в виде блоков, которые представляют собой 2 или более конденсаторов, объединенных в общей конструкции. Все роторы собраны на одной оси. Поворот этой оси одновременно изменяет емкость всех конденсаторов блока. В радиовещательных приемниках применяются блоки из двух, трех или четырех одинаковых секций, обычно изменяющие свою емкость в пределах от 11—17 до 450—510 *пф*.

Имеются также блоки конденсаторов, состоящие из секций, номиальные емкости которых различны.

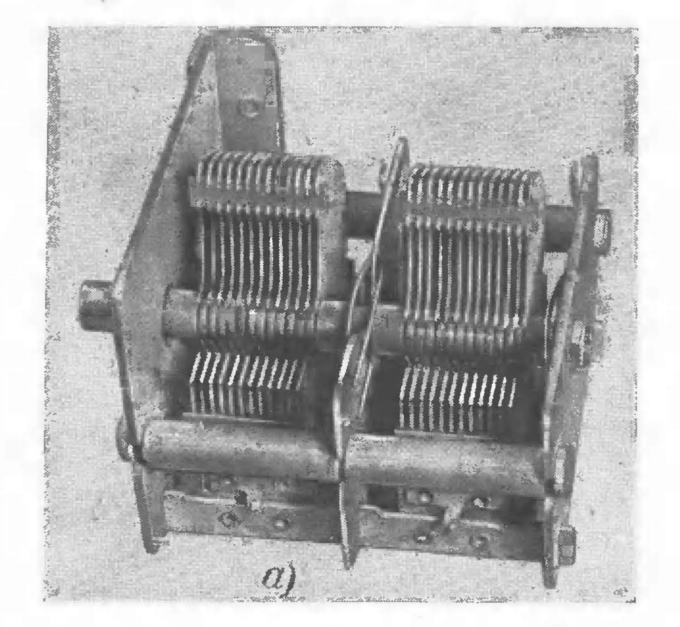
В конструкции блоков конденсаторов переменной емкости предусмотрена возможность подгонки емкостей отдельных секций. Для этой цели крайние пластины всех секций ротора делают разрезными. Изменяя величину зазора между отдельными частями разрезных пластин и соответствующими пластинами статора, можно менять емкость каждой секции при данном положении ротора. Обычно подгонку секций блока конденсаторов переменной емкости производят в 6—8 точках. Количество прорезов на пластинах соответствует количеству точек подгонки.

Иногда блоки конденсаторов, применяемые в радиовещательных приемниках, могут оказаться источниками появления микрофонного эффекта. Микрофонный эффект появляется вследствие акустической обратиой связи между громкоговорителем и гетеродинной секцией блока конденсатора. Колебания пластин конденсатора вызывают частотную модуляцию напряжения гетеродина, что приводит к появлеиию колебаний низкой частоты на выходе радиоприемника в виде звоиа.

Для устранеиия микрофонного эффекта необходимо амортизировать блочки конденсаторов.

В настоящее время для радиовещательных приемников выпускаются следующие виды блоков конденсаторов переменной емкости типов КПЕ с воздушным диэлектриком: двухсекционный, для приемников II—IV классов; с секциями УКВ, для приемников I и II классов.

На рис. 9 показаны типовые блоки конденсаторов переменной емкости для радиоприемников и радиол. Емкости каждой секции такого конденсатора при любом угле поворота подвижной системы соответствуют кривой, приведенной иа рис. 8, *д*.



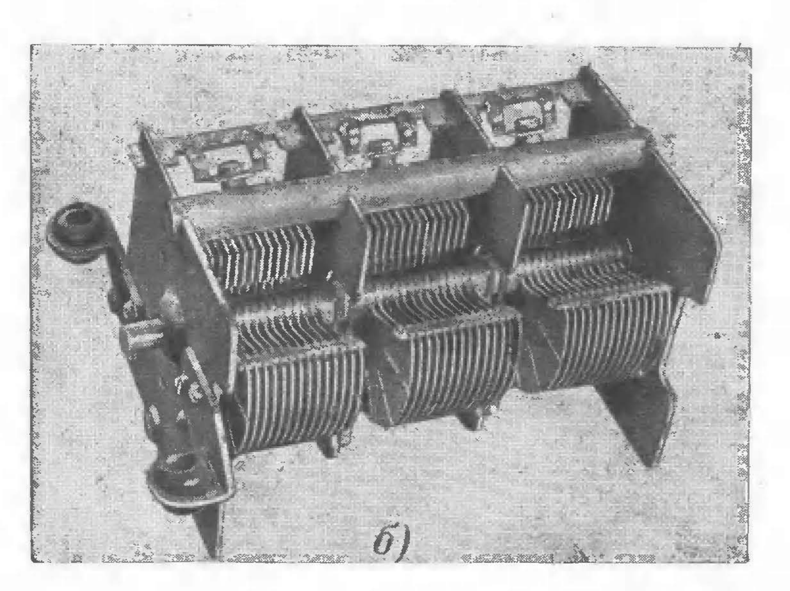


Рис. 9. Блоки конденсаторов переменной емкости.
а — двухсекционный; *б* — трехсекционный.

ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Наиболее распространенная конструкция подстроечных конденсаторов КПК (см. рис. 10) состоит из двух керамических частей: неподвижного статора и подвижного диска — ротора. Последний крепится к статору с помощью оси. Ротор можно поворачивать отверткой.

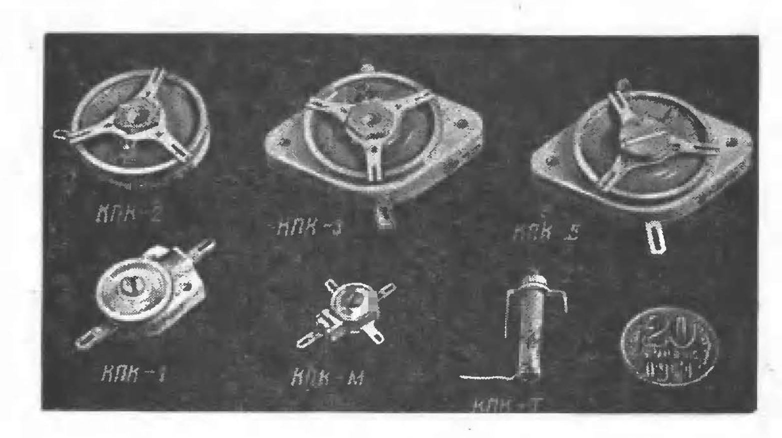


Рис. 10. Конденсаторы керамические подстроечные.

На ротор и статор методом вжигания нанесены серебряные обкладки, имеющие форму секторов. Диэлектриком между обкладками служит керамический материал ротора. Выводы от обкладок выполнены в виде контактных лепестков, предназначенных для припайки к ним внешних монтажных проводов.

Вращая отверткой ротор, можно изменять взаимное положение секторных обкладок, а следовательно, и емкость конденсаторов.

Емкость конденсатора будет максимальной в том случае, когда при настройке серебряный сектор или капля припоя на роторе будут расположены против контактного вывода на статоре, и минимальна, если ротор повернут на 180° относительно указанного положения максимума.

В другой конструкции изменение емкости достигается перемещением плунжера в керамической трубке (КПК-Т).

Некоторые виды подстроечных конденсаторов имеют регулировочный винт, который непосредственно соединен с роторной обкладкой конденсатора (КПК-5).

Конденсаторы КПК-1 имеют роторы диаметром около 18 *мм*, а КПК-2, КПК-3 и КПК-5 — около 33 *мм*.

Конденсаторы КПК в основном применяются в колебательных контурах ВЧ для подгонки емкости в процессе наладки радиоаппаратуры.

Эти керамические подстроечные конденсаторы имеют отверстия (одно или два) для винтов или других крепежных деталей. Укреплять их на панели шасси надо осторожно, чтобы избежать раскалывания керамики.

У подстроечных конденсаторов КПК после непродолжительной эксплуатации серебряные покрытия пластины статора стираются и пределы регулировки изменяются. Это обстоятельство необходимо принимать во внимание при их использовании в качестве конденсаторов настройки приемников на транзисторах.

По техническим условиям на конденсаторы КПК допускается фактическое значение минимальной емкости неограниченно меньше, а фактическое значение максимальной емкости неограниченно больше обозначенных на них номинальных значений.

Емкость конденсаторов КПК недостаточно стабильна во времени, главным образом, из-за изменений воздушного зазора между статором и ротором. Этот зазор делает их также невлагостойкими.

Таблица 7

Основные данные керамических подстроечных конденсаторов

Тип	Номинальные емкости (первое число—минимальная, второе после тире—максимальная) *пф*	Номинальное напряжение постоянного тока, *в*	ТКЕ
КПК-1	2—7; 4—15; 6—25; 8—30	500	$-(200-750)\cdot 10^{-6}$
КПК-2	6—60; 10—100; 25—150	500	$-(200-750)\cdot 10^{-6}$
КПК-3	75—200; 125—250; 200—325; 275—375; 350—450	500	$-(200-750)\cdot 10^{-6}$
КПК-5	25—150; 25—175;	500	$-(200-750)\cdot 10^{-6}$
КПКТ	1—10; 2—15; 2—20; 2—25	500	$\pm 400\cdot 10^{-6}$
КПКМ	4—15; 5—20; 6—25; 8—30	350	$-(200-800)\cdot 10^{-6}$

Конденсаторы керамические подстроечные малогабаритные типа КПК М предназначаются для работы в аппаратуре при эффективном значении напряжения высокой частоты до 250 *в* или постоянном напряжении до 350 *в*.

При монтаже ротор подстроечных конденсаторов нужно соединять с шасси или с точкой схемы, имеющей меньший потенциал.

Условное обозначение подстроечного конденсатора составляется из слова «Конденсатор», названия типа и величин минимальной и максимальной номинальных емкостей. Так, например, конденсатор КПК-2 с минимальной емкостью не более 75 *пф* и максимальной не менее 200 *пф* обозначается: КПК-2-75/200.

Основные данные подстроечных конденсаторов приведены в табл. 7.